

# はさみ五目並べゲームプレイソフトの作成

野 田 統治郎\*・苫米地 宣 裕\*\*

## Development of the Software to Play Hasami-Gomoku-Narabe Game

Tochiro NODA\* and Nobuhiro TOMABECHI\*\*

### Abstract

This paper presents a novel thinking game called Hasami-Gomoku-Narabe which is similar to the ordinary line-5 tic-tac-toe but has an additional rule to remove an opponent's stone pair chopped by own stones. By the rule to remove stones, the game has a wider search space than the ordinary line-5 tic-tac-toe. The software to play Hasami-Gomoku-Narabe game is developed. It is demonstrated that the software can search until 6 levels of search depth and has a playing skill to win against beginners of human beings.

**Keywords:** Development, Software, Play, Game, Hasami-Gomoku-Narabe, Line-5 tic-tac-toe

### 1. ま え が き

思考ゲームは、論理的に思考をくり返すことで答えを導き出すため、思考能力を鍛える手段として有効であり、教育に有効に応用できると考えられる。また、思考ゲームをプレイするプログラムの研究は、人工知能に関する多くの課題を含んでおり、近年、情報科学の重要な分野として認められるようになった<sup>[1]–[4]</sup>。

本研究では、通常の五目並べに挟んだ石を取り上げるというルールを加えたゲーム(以下、はさみ五目並べと呼ぶ)を提案する<sup>[5]–[7]</sup>。はさみ五目並べは、石を取ることで、通常の五目並べ・連珠よりも探索空間の広いゲームとなっている。従って、教育上も、人工知能の課題としても、有意義であると考えられる。

本研究では、次の方法を用いて、はさみ五目並べをプレイするプログラムの作成を行った。

- ① 深さ優先探索法を用いる。
- ②  $\alpha\beta$  枝刈を付加する。
- ③ 着手候補は既に置いた石の8近傍、または、24近傍とする。
- ④ 局面評価は、二連、三連、四連、および、取石の数のそれぞれに評価点を与え、積算する。

作成したプログラムを用いて、コンピュータ同士、あるいは、コンピュータ対人間の対戦を行った結果、次のようなことが明らかとなった。

#### (1) $\alpha\beta$ 枝刈を付加しない場合

- ① 8近傍を着手候補とすると4手先読み可能。
- ② 24近傍を着手候補とすると3手先読み可能。
- ③ 8近傍では先手が勝利する。
- ④ 24近傍では後手が勝利する。
- ⑤ コンピュータ対人間では人間が勝利する。
- ⑥ 8近傍対24近傍の場合、先手後手に関わらず8近傍が勝利する。

平成19年12月17日受理

\* (株)日立エンジニアリング・アンド・サービス

\*\* 八戸工業大学システム情報工学科・教授

ストレスのない(待ち遠しさを感じさせない)対戦を行うには、8近傍・4手先読みが限界である。しかし、これでは、先読み深さは不十分であり、人間との対戦では、人間に勝つことができなかった。

(2)  $\alpha\beta$  枝刈を付加した場合

- ① 8近傍を着手候補とすると6手先読み可能。
- ② 24近傍を着手候補とすると5手先読み可能。
- ③ 8近傍では先手が勝利する。
- ④ 24近傍では先手が勝利する。
- ⑤ 8近傍(コンピュータ)対人間では人間が勝つのは困難である。
- ⑥ 8近傍対24近傍の対戦では、24近傍が先手後手に関わらず勝利する。

上記③、④より、本ゲームは先手が有利ではないかと思われる。

(3) 局面評価値を変化させた場合

局面評価値を変化させて、着手がどのように変化するのか、また、どのように勝敗が変わるのかを調べた。二連の石に対する評価値を1点から6点の間で変化させて調べた。このとき、三連の評価値は二連の場合と明確に区別できるように10点に設定した。また、取石(2個・4個・6個)の点数にそれぞれ2点を加算した。

次のような結果が得られた。

- ① 二連の評価点を4点、または、5点とした時、より人間に近い着手を行うゲーム展開となる。
- ② 取石  $2 < \text{二連} < \text{取石} 4 < \text{取石} 6 < \text{三連} < \text{取石} 8 < 4 \text{ 連}$  の順に評価値を与えることで人間に近いゲーム展開となる。
- ③ 評価値を変化させた場合、勝敗が大きく変化する。8近傍のとき、二連4点・深さ4、深さ6の対戦では先手が勝利したが、その他の対戦では全て後手が勝利を収めた。

(4) 必勝手順の探索

思考実験により、必勝手順の探索を試みた。その結果、ある局面に到った場合に必ず先手が勝利する手順を見つけることができた。しかし、限られた局面についての手順であるため、現状では、先手必勝であるか否かは判定困難である。

## 2. はさみ五目並べのルールの設定

### (1) 五目並べ／連珠のルール

五目並べは、先手後手とも置く場所は自由であり、先に自らの石で直線(縦、横、斜め)に五連を並べた方が勝ちである。このゲームは先手必勝である。

連珠は、五目並べに適切なルールを付加することにより、先手の有利さを制限し、将棋や囲碁と並ぶ高度なゲームに仕立て上げたものである。連珠のルールを次に示す。

- ① 15路×15路の盤を用いる。
- ② 先に五連を作った方を勝ちとする。
- ③ 先手は黒石を持ち、第1手目は盤の中央に打つ。
- ④ 黒3手目は天元から二目以内の場所に打たなければならない。
- ⑤ 黒に限って三三、四四、長連は禁手とする。禁手を打った場合はその時点で負けとなる。
- ⑥ 白に禁手はなく長連の場合は五連とみなして勝ちとなる。

### (2) はさみ五目並べのルール

はさみ五目並べは、東北地方の一部地域でプレイされているゲームであり、通常五目並べに挟んだ石を取り除くというルールを加えたものである。ルールの細部は必ずしも明確でないので、本研究では、次のような設定する。ただし、通常五目並べと異なる点だけを示す。

[ルール1] 相手の二連を自分の石で挟み込んだ場合、間の二つの石を取ることができる。

[ルール2] 取石が10個になった場合、勝ち

する。

〔ルール 3〕 盤に置く場所がない場合，取石の数で勝敗を決める。

〔ルール 4〕 禁手(連珠における，先手三三，四四，長連)はなしとする。

五目並べでは先手有利は明白であるが，はさみ五目並べでは先手が有利か否か不明なため，まずは，禁手なしとしている。

### 3. はさみ五目並べプログラムの作成

#### 3.1 全体構成

プログラムの全体構成を図 1 に示す。

また，全体構成をプログラムに即して main 関数の形式でより詳しく表したものを，付録・図 A に示す。ただし，PAD 図を用いて示してい

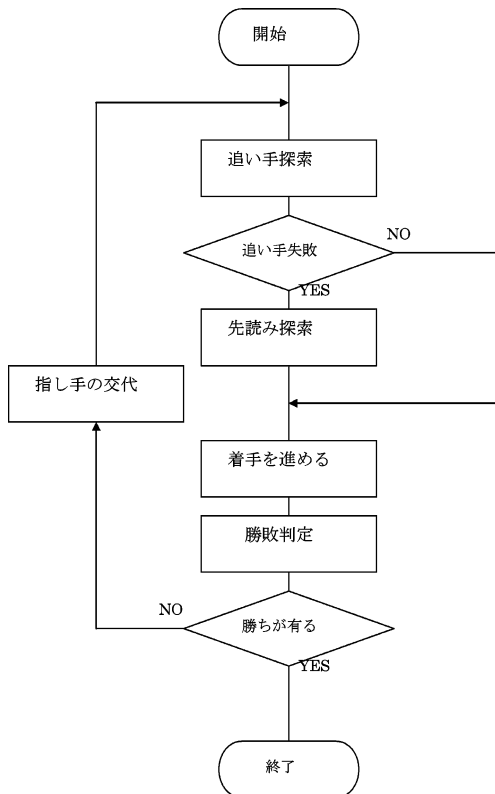


図 1 プログラムの全体構成

る。

#### 3.2 先読み探索

本研究では，深さ優先探索法を用いる。先読み探索手順を次に示す。

〔手順 1〕 自分の必勝手を探索し，該当箇所があるとき着手する。該当するならば〔手順 9〕に移動する。

〔手順 2〕 着手可能な場所 (8 近傍) をリストアップする。

〔手順 3〕 着手候補から 1 つを選び，仮に着手をする。

〔手順 4〕 差し手を戻し，深さを増やして〔手順 2〕に移動する。

〔手順 5〕 先手番のとき，局面評価値が最大の着手を最善手とし，後手番のときは最低値の着手を最善手として登録しておく。

〔手順 6〕 未探索の探索候補があれば〔手順 4〕へ戻り，そうでない場合は〔手順 7〕に移動する。

〔手順 7〕 設定した深さまで先読みを行い，評価方法に基づいて局面評価値を計算する。

〔手順 8〕 最善手候補の石を着手する。

〔手順 9〕 自分の五連，もしくは取石が 10 個かを判定し，該当するならばゲームを終了する。

〔手順 10〕 盤に着手する場所がなければ取り石の数で勝敗を判定し，ゲームを終了する。

〔手順 11〕 ゲームが終了していない場合は〔手順 1〕に戻る。

先読み探索関数の構成を付録・図 B に示す。

#### 3.3 着手候補の選択

はさみ五目並べは，石を取り上げるので，通常の五目並べ・連珠よりも探索空間が広がる。そのため，着手候補を盤面の空き場所すべてとする全探索では，現実的な時間内で先読みすると，3 手先読みが限界となる。そこで，着手候補を絞る方法をとる。

本研究では，既に置かれた石の 8 近傍，24 近傍を着手候補とする。これは，人間が実際にブ

レイして見ると、置石から離れすぎた場所に着手すると、不利になりやすいことが分かったためである。

### 3.4 追い手探索

最善手探索とは別に、4 追い手探索を導入する。これにより、追い手がある場合は、高速に処理することができる。

追い手探索手順は以下のようになる。

[手順 1] 追い手候補がある場合、[手順 2]へ移動する。

追い手候補がない場合、[手順 7]へ移動する。

[手順 2] 追い手を仮に着手し、[手順 3]へ移動する。

[手順 3] 追い手の阻止候補がある場合、[手順 4]へ移動する。

阻止候補がない場合、[手順 6]へ移動する。

[手順 4] 阻止手を仮に着手し、[手順 5]へ移動する。

[手順 5] 次の深さへ進め、[手順 1]へ移動する。

[手順 6] 追い手の成功とし、結果を返す。

[手順 7] 追い手の失敗とし、結果を返す。

追い手探索関数の構成を、付録・図 C に示す。

### 3.5 局面評価

局面評価値は、次のようにとることとした。

[評価 1] 端に相手の石が置かれていない自分の四連は、20 点とする。

[評価 2] 端に相手の石が置かれていない自分の三連は、6 点とする。

[評価 3] 端に相手の石が置かれていない自分の二連は、2 点とする。

[評価 4] 相手の石を取っている場合、次のように点数をつける。

2 個のとき 1 点、

4 個のとき 3 点、

6 個のとき 6 点、

8 個のとき 20 点、

相手の取石の数はマイナスの評価値をつけ

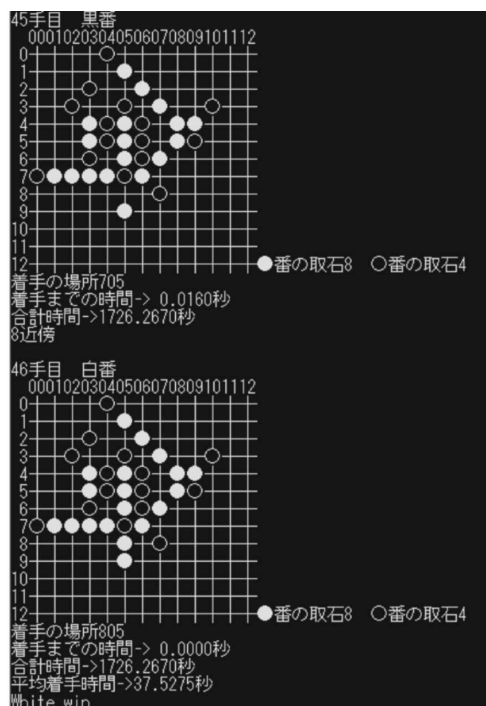


図 2 実行画面

る。

### 3.6 プログラム作成結果

以上述べた方法に基づいてプログラムの作成を行った。開発環境は、Microsoft Visual C++ を使用した。完成したプログラムは約 2000 行となった。実行時の画面を図 2 に示す。

## 4. 対戦結果

作成したプログラムを用いて、コンピュータ同士、あるいは、コンピュータ対人間プログラムの対戦を行った結果について述べる。

### 4.1 $\alpha\beta$ 枝刈りなしの場合

次のような結果が得られた。

- ① 8 近傍を着手候補とすると 4 手先読み可能。
- ② 24 近傍を着手候補とすると 3 手先読み

可能。

- ③ 8 近傍では先手が勝利する。
- ④ 24 近傍では後手が勝利する。
- ⑤ コンピュータ対人間では人間が勝利する。
- ⑥ 8 近傍対 24 近傍の場合、先手後手に関わらず 8 近傍が勝利する。

ストレスのない(待ち遠しさを感じさせない)対戦を行うには、8 近傍では、4 手先読みが、24 近傍では 3 手先読みが限界である。③～⑥の結果が得られるのは、先読み深さが不十分なためと考えられる。

#### 4.2 $\alpha\beta$ 枝刈り付加の場合

先読み探索時間を短縮し、先読み深さを深くするため、 $\alpha\beta$  枝刈りを導入した。次のような結果が得られた。

- ① 8 近傍を着手候補とする 6 手先読み可能。
- ② 24 近傍を着手候補とする 5 手先読み可能。
- ③ 8 近傍では先手が勝利する。
- ④ 24 近傍では先手が勝利する。
- ⑤ 8 近傍(コンピュータ)対人間では人間が勝つのは困難である。
- ⑥ 8 近傍対 24 近傍の対戦をさせた場合、24 近傍が先手後手に関わらず勝つ。

$\alpha\beta$  枝刈りの導入した結果、先読み深さが 5 手～6 手となった。8 近傍、24 近傍共に先手が勝利するという結果となった。このことから、はさみ五目並べは先手が有利なゲームではないかと考えられる。

8 近傍対人間でプレイした場合、熟練者でも好ゲームとなるか、もしくは、一手でもミスをするコンピュータに勝つことはできないという結果になった。一方、24 近傍対人間では、人間の方が勝つことができる。これは、局面評価を 8 近傍を前提として行っており、24 近傍には必ずしも適切ではないためと考えられる。

8 近傍対 24 近傍の対戦結果は 24 近傍の勝利

表 1 8 近傍着手候補, 平均探索時間 (秒)

	深さ 3	深さ 4	深さ 5	深さ 6
深さ優先探索	0.1	16	372	—
$\alpha\beta$ 探索	0.01	0.24	2.5	14

表 2 24 近傍着手候補, 平均探索時間 (秒)

	深さ 3	深さ 4	深さ 5
深さ優先	3	412	—
$\alpha\beta$ 探索	0.5	2.7	49

となった。しかし、24 近傍は人間から考えると意味不明な着手が多く、解にたどり着くまで遠回りしているように見られた。

#### 4.3 思考時間

思考時間は表 1, 表 2 のようになった。

8 近傍では、 $\alpha\beta$  枝刈りを行うことによって探索時間が大幅に短縮され、深さ 6 までの探索が可能となった。しかし、深さ 7 とすると急激に探索時間が伸び、ゲームの終了までに一日間ほどかかる。

24 近傍では、 $\alpha\beta$  枝刈りを行うことによって、深さ 5 までの探索が可能となった。しかし、深さ 6 までの探索を行うと 1 週間ほど稼働させても結果が現われなかった。平均着手時間は約 24 時間となっていた。

#### 4.4 局面評価値を変化させた場合

局面評価値を変化させた場合に、着手がどのように変化するのか、また、勝敗がどのように変わるのかを調べた。二連の評価点を 1 から 6 の間で変化させた。このとき、三連の評価値は 10 点とし、二連と三連の評価点数に明確な差を出すために通常より値 4 高く設定している。また、取石との点数の差が出るように、取石(2 個・4 個・6 個)の点数にそれぞれ 2 点を加算した。試験対象を二連にした理由は、相手に取られる

表 3 8 近傍対 8 近傍, 二連 4 点の場合の  
平均探索時間 (秒)

	深さ 3	深さ 4	深さ 5	深さ 6
4 点	0.01	0.3	0.8378	21
勝敗	後手	先手	後手	先手

表 4 8 近傍対 8 近傍, 二連 5 点の場合の  
平均探索時間 (秒)

	深さ 3	深さ 4	深さ 5	深さ 6
5 点	00.1	0.3	0.7	37
勝敗	先手	後手	後手	後手

表 5 24 近傍対 24 近傍, 二連 4  
点の場合の平均探索時間  
(秒)

	深さ 3	深さ 4	深さ 5
4 点	0.7	2	80
勝敗	後手	後手	後手

表 6 24 近傍対 24 近傍, 二連 5  
点の場合の平均探索時間  
(秒)

	深さ 3	深さ 4	深さ 5
5 点	0.4862	2.3	14
勝敗	後手	後手	後手

危険性のある対象であり, はさみ五目並べで有効であるかどうか判断し難い評価対象だからである。三, 四連は通常の五目並べと同様にゲームを決定的に左右するため評価値は高く設定している。

次のような結果が得られた。

① [二連 1 点]: 序盤は相手との取り石の駆け引きが目立つ。置かなければ取られるが, 相手が置いた石をさらに取る場所に着手するといった着手をする。

② [二連 2 点]: 序盤は一見普通に着手しているように見えるが, フリー三連や四連ができる場所があるとすぐその場所に置く。これは, 二連の評価値 (2) が, フリーの三連の評価値 (10) と離れすぎているためではないかと考えられる。

③ [二連 3 点]: ゲームらしい着手をするが, 2 点の場合と似ていて序盤フリー三連・四連を即座に作り過ぎる。

④ [二連 4 点]: 序盤の着手の仕方が人間で考えた有効である局面に似ている。

⑤ [二連 5 点]: 序盤は 4 点の場合と同様。21 手目でフリーの三連を作って攻めるか, 相手の石を取りつつ二連を作るか, 二つの選択に別れる。5 点のときは後者で, 終了時の石の数からも石を取って勝とうとする傾向が見られる。

⑥ [二連 6 点]: 明らかに取れる石, 取った方がいい石を無視して着手している。これは, 取石 2 個の評価値 (3), 取石 4 個の評価値 (5) を上回るからではないかと考えられる。

以上の結果より, 評価値は以下の順に設定した方がプログラムはより人間らしくプレイすることが分かる。

取石 2 < 2 連 < 取石 4 < 取石 6 < 3 連 < 取石 8 < 4 連

二連の評価点は, 4 点, または, 5 点が適当であると考えられる。その条件下で, 先読み深さを変えて調べた結果, 次が得られた。

## 5. 必勝手順の探索

五目並べでは禁手がないと, 先手必勝となる手順が知られている。同様に, はさみ五目並べでも, 禁手がないと, 先手必勝手順があるかも知れない。

先手必勝手順とは言えないが, 次の図 3 の局面は先手必勝となることが分かった。図 3 における後手の有効な着手場所は, 図 4 に示す△印の 3ヶ所となる。

後手が, 図 4 のどこに置いても, 先手勝ちとなる手順を示すことができる。例として, 図 4 の

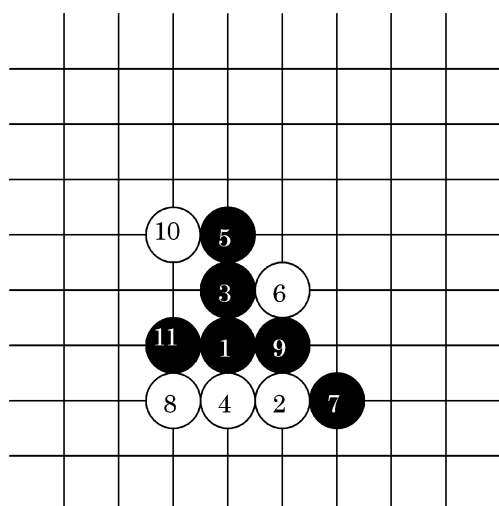


図3 必勝手順 黒⑪まで

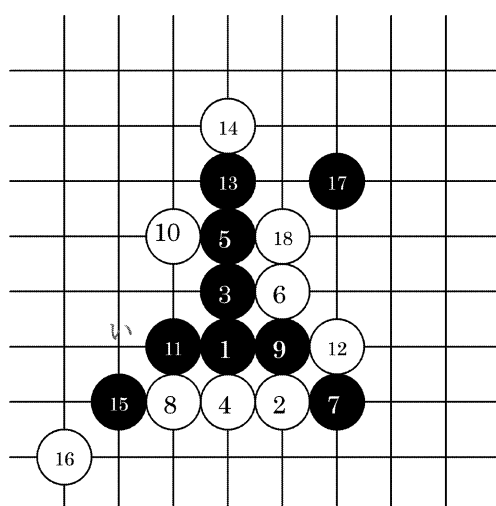


図5 白⑫以降の勝ち手順1

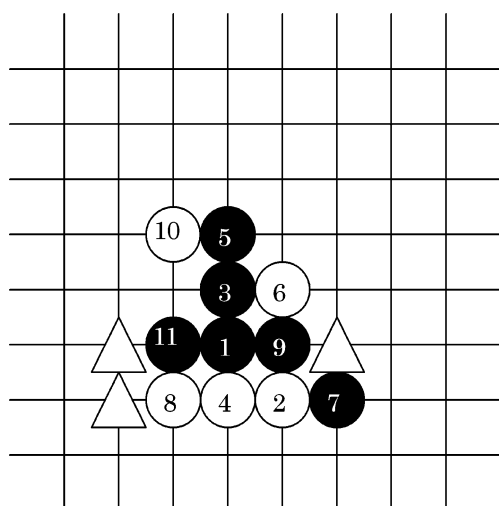


図4 後手の有効な着手場所△印

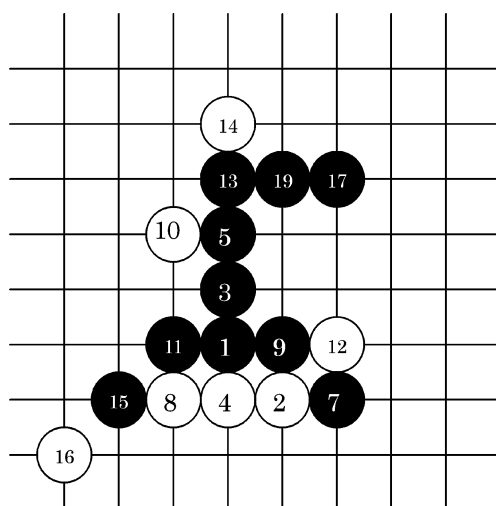


図6 白⑫以降の勝ち手順2

黒⑨の右に、白が石を置いた場合の必勝手順を、図5、図6に示す。

## 6. 結 論

本論文では、新しい思考ゲームとして、挟んだ石をとるというルールを付加した五目並べゲーム (はさみ五目並べ) を提案し、本ゲーム

をプレイするプログラムを作成した。

$\alpha\beta$  探索を用い、着手候補を既置石の8近傍にとった結果、深さ6の先読みが可能となった。人間手の対戦結果、コンピュータの方が勝つという結果が得られた。

今後、次のような課題を検討する必要がある。

- ① 本ゲームの数学的性質を解明し、探索に組み込む。

- ② 局面評価をよりの確に行う。
- ③ 禁手なしでは、先手必勝となる可能性があり、その必勝手順を発見する。
- ④ 必勝手順が発見された場合、より合理的なゲームとするため、適切な禁手を導入する。

### 参 考 文 献

- [1] 松原 仁, 竹内郁雄, 「ゲームプログラミング」, 共立出版, 1998-8.
- [2] 苔米地宣裕, 「立体 4 目並べの数理」, 八戸工業大学情報システム工学研究所紀要, Vol. 11, pp. 1-4, 1999-3.
- [3] 飯田弘之, 松原 仁, 「ゲーム情報学の動向」, 情報処理, Vol. 44, No. 9, pp. 895-899, 2003-9.
- [4] 小暮 潔, 天野真家, 「知能ロボットの技術, 一人工知能からのアプローチ」 情報処理, Vol. 44, No. 12, pp. 1212-1213, 2003-12.
- [5] 西村敏雄, 「連珠必勝法: 二手で勝つ」, 熊本日日新聞情報文化センター, 2000-3.
- [6] 小谷義行, 吉川竹四郎, 柿木義一, 森田和郎, 「コンピュータ将棋」, サイエンス社, 1994.
- [7] 野田統治郎, 苔米地宣裕, 「はさみ五目並べプレイプログラムの設計」, 計測自動制御学会東北支部第 229 回研究集会資料, No. 229-10, 2006-06.



付録  
図 A main 関数

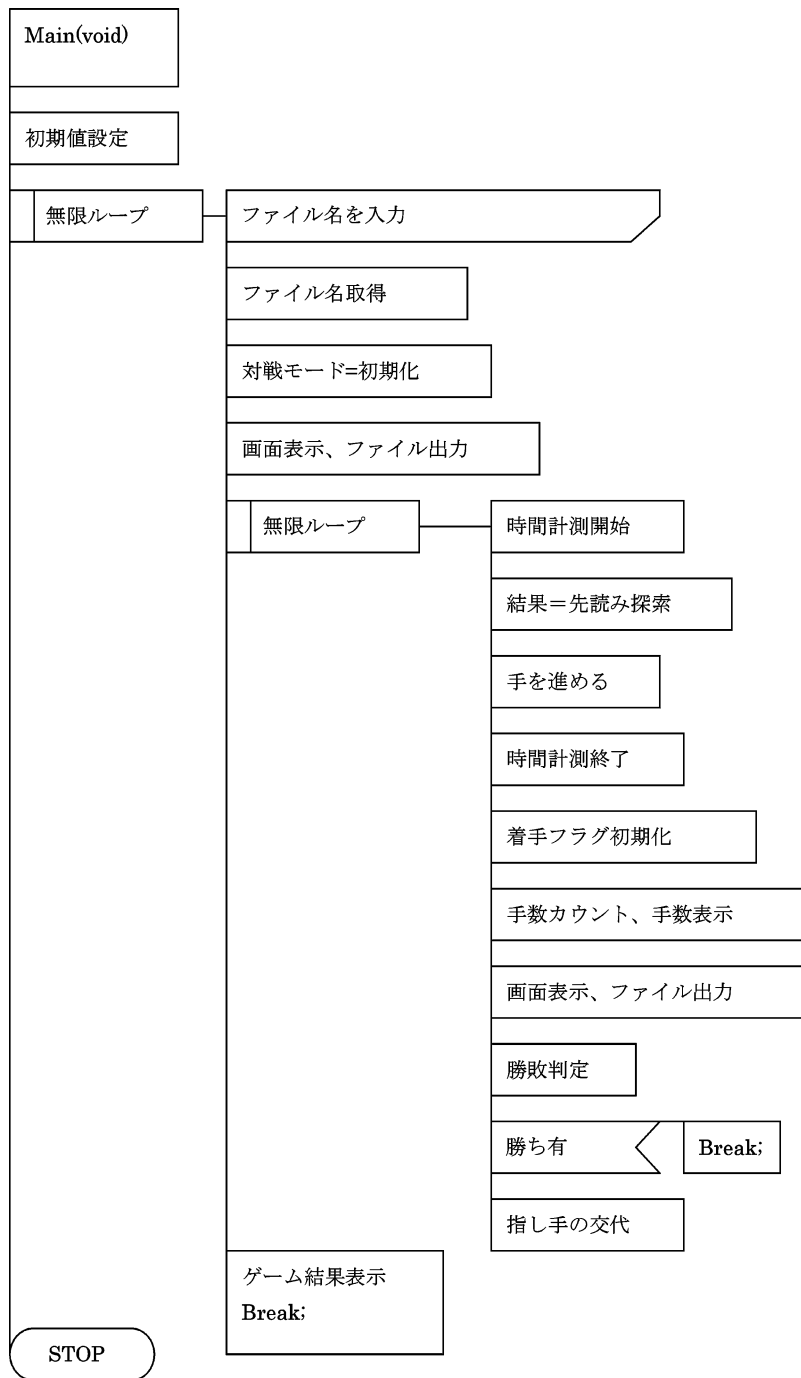


図 B 先読み探索関数

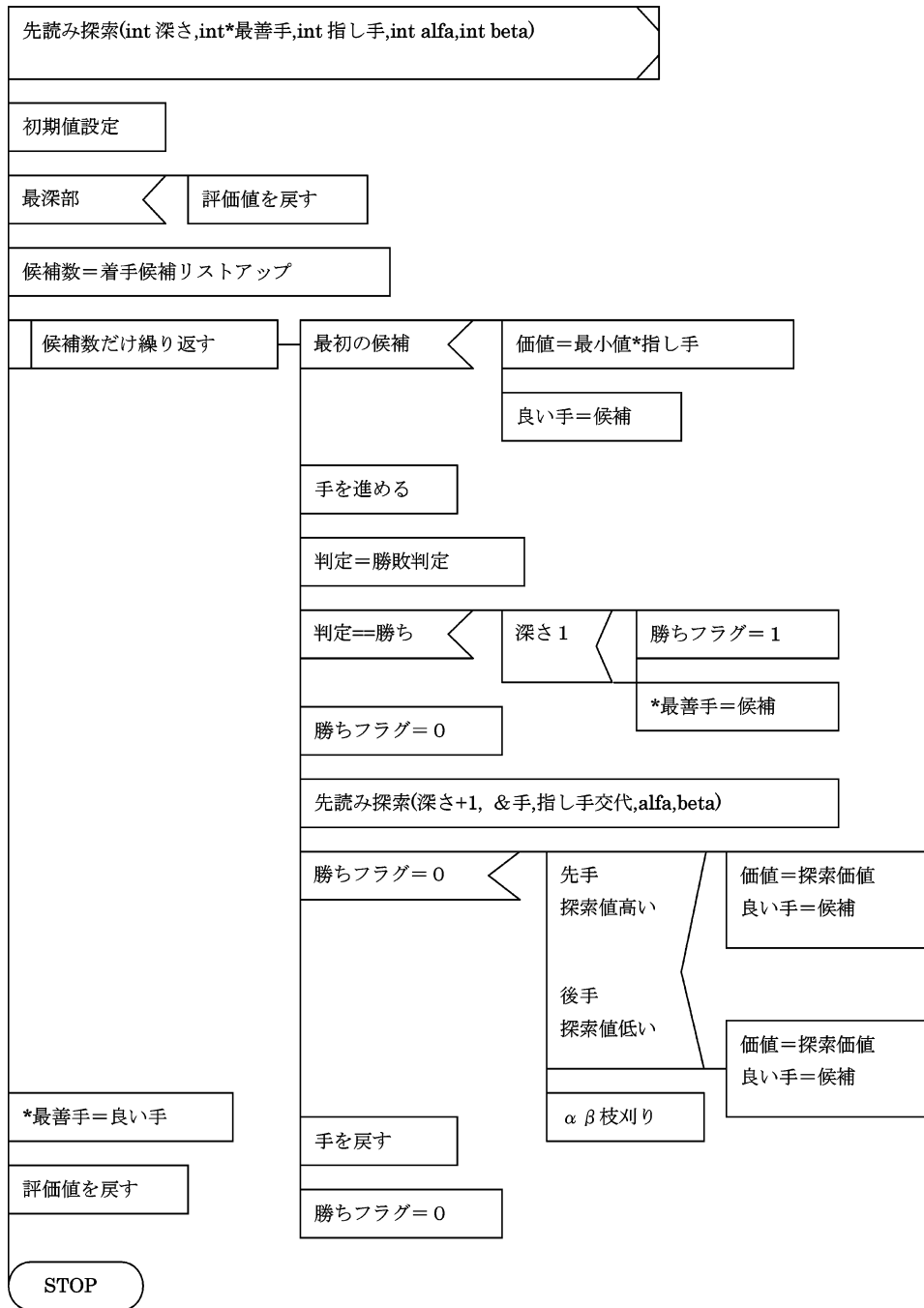


図 C 追い勝ち探索関数

